

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання
лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

«ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА РІДИН І ГАЗІВ»

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання
спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2020**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Прикладна механіка рідин і газу» (для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Ю. Л. Коваленко, Т. В. Дмитренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 44 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Ю. Л. Коваленко,
канд. техн. наук, доц. Т. В. Дмитренко

Рецензент

В. Є. Бекетов, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 1 від 28.08.2018.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Лабораторна робота №1 ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ РІДИНИ... ..	5
2 Лабораторна робота № 2 ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ.. ..	9
3 Лабораторна робота № 3 ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ ГАЗІВ І РІДИН.....	14
4 Лабораторна робота № 4 ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ГАЗУ В ВЕНТИЛЯЦІЙНОМУ КАНАЛІ.....	20
5 Лабораторна робота № 5 ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ І ВИТРАТИ ГАЗУ У ВЕНТИЛЯЦІЙНОМУ КАНАЛІ.....	25
6 Лабораторна робота № 6 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ МІСЦЕВИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОРІВ ПІД ЧАС РУХУ ГАЗУ У ВЕНТИЛЯЦІЙНОМУ КАНАЛІ.....	30
7 Лабораторна робота № 7 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОБ'ЄМНОЇ ПОРУВАТОСТІ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ.. ..	34
8 Лабораторна робота № 8 ВІДБІР ПРОБ ПОВІТРЯ ЕЛЕКТРОАСПІРАТОРОМ.....	37
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43

ВСТУП

Прикладна механіка рідин і газів (далі – ПМРГ) – наука, що вивчає закони рівноваги і механічного руху рідин і газів, розробляє методи застосування цих законів для вирішення завдань інженерної практики.

Прикладна механіка рідин і газів підрозділяється на:

- гідростатику, в якій вивчаються закони рівноваги рідини;
- кінематику рідини, що вивчає зв'язки між геометричними характеристиками руху і часом (швидкості і прискорення);
- гідродинаміку, що вивчає рух з урахуванням діючих сил.

На сьогодні питання, що вивчає прикладна механіка рідин і газів, охоплюють турбулентний перенос рідин, як стискуваних (повітря, газу), так і нестискуваних (крапельних), не тільки в трубах, але і у відкритих руслах (каналах, річках), в гідротехнічних спорудах, в спорудах природоохоронного призначення, рух ґрунтових вод, а також перенос повітряних мас у приземному шарі атмосфери.

Лабораторна робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ РІДИНИ

pp

Мета роботи: визначення експериментальним шляхом щільності прісної води при різних температурах, щільності морської води. Зіставлення отриманих результатів зі значеннями, отриманими з довідкових джерел.

Загальні відомості

Щільність (ρ) – це маса одиниці об'єму рідини, розраховується як відношення маси M рідини до займаного нею об'єму Q :

$$\rho = M/Q, \text{ кг/м}^3.$$

За Міжнародною системою одиниць для визначення показників щільності служить одиниця, що виражається в кг/м^3 , однак практика допускає застосування і інших одиниць, таких як г/см^3 ; г/л ; т/м^3 .

Пряма залежність: більше маса атомів, значить більше щільність речовини. Розглядаючи ті ж речовини в іншому агрегатному стані, ми бачимо, що щільність їх різна в залежності від стану.

У рідких речовин щільність компонування атомів і молекул ще зберігається високою, тому щільність рідкої речовини не дуже сильно відрізняється від її щільності в твердому вигляді.

У газів молекули дуже слабо з'єднані між собою з великою віддаленістю одна від одної, тому щільність упаковки атомів дуже низька, а значить, речовина у вигляді газу має невисоку щільність.

Значення щільності ρ деяких рідин (при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$), кг/м^3 :

Вода: (при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$) – 999,9;

(при $t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$) – 1 000;

(при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) – 998,2;

(при $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$) – 992,2;

(при $t = 99 \text{ }^\circ\text{C}$) – 959,1.

Вода морська (при $t = 20^{\circ}\text{C}$) – 1 002–1 029.

Атмосферне повітря (при $t = 20^{\circ}\text{C}$, $P = 1\text{ат}$) – 1,2.

Довідкові значення щільності води при різних температурах наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення щільності води при різних температурах

Температура,	$^{\circ}\text{C}$	16	20	25	30	40	50	60	70
Щільність,	$\text{кг}/\text{м}^3$	999,0	998,2	997,1	995,7	992,2	988,2	983,4	978,0

Існують різні методи вимірювання щільності рідини.

Їх можна умовно поділити на дві групи: прямі та непрямі. При застосуванні непрямих методів визначається маса та об'єм рідини, після чого шляхом розрахунків визначається щільність рідини.

Для визначення щільності рідини застосовують ареометри. Ареометр являє собою скляну трубку, що розширюється донизу і має на кінці скляний резервуар, заповнений дробом або спеціальною масою (рідше ртуттю). У верхній вузькій частині ареометра є шкала з поділами. Чим менше щільність рідини, тим глибше занурюється в неї ареометр. Показання ареометра правильні тільки при тій температурі (зазвичай 20°C), яка вказана на шкалі приладу.

Для визначення відносної щільності рідин з точністю до четвертого знака користуються пікнометром. Знаючи обсяг пікнометра і вагу рідини в ньому, визначають щільність останньої.

Опис приладів, устаткування

Прилади й устаткування:

- електроплита «Термія -1»;
- лабораторні ваги;
- скляна колба мірна, 1 л;
- термометр ртутний лабораторний.

Порядок виконання роботи

1. Зважити порожню колбу мірну.
2. Заповнити колбу досліджуваної рідиною, визначити об'єм рідини по розподілам, нанесеним на колбі $Q_{ж}$, дм^3 .
3. Занурити в рідину термометр ртутний лабораторний, через 5 хв, не виймаючи термометра з рідини визначити її температуру.
4. Зважити колбу мірну з рідиною.
5. Розрахунковим методом визначити масу рідини:

$$M_{ж} = M_1 - M_2,$$

де $M_{ж}$ – маса рідини, кг;

M_1 – маса заповненої колби, кг ;

M_2 – маса порожньої колби, кг .

6. Визначити щільність рідини за формулою:

$$\rho = \frac{M_{ж}}{Q_{ж}}, \text{ кг/дм}^3.$$

7. Визначити значення щільності в кг/м^3 , г/см^3 .

- 8 Визначити абсолютну і відносну похибку вимірювань з точністю до трьох значущих цифр.

Абсолютна похибка:

$$\Delta_{\rho} = \rho - \rho_c,$$

де ρ_c , кг / м^3 – довідкове значення щільності рідини.

Відносна похибка:

$$\Delta = \frac{\Delta_{\rho}}{\rho_c} \cdot 100, \%$$

Обробка і представлення результатів

1. Результати вимірювань і розрахунків заносять у таблицю 2, туди ж записують довідкові дані.

Таблиця 2 – Результати вимірювань і розрахунків

№ п/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Рідина № 1	Рідина № 2
1	Маса порожньої колби	кг		
2	Обсяг рідини	дм ³		
3	Температура рідини	°С		
4	Маса заповненої колби	кг		
5	Маса рідини	кг		
6	Щільність рідини	кг/дм ³		
7	Щільність рідини	кг/м ³		
8	Щільність рідини	г/см ³		
9	Довідкове значення щільності рідини	кг/м ³		
10	Абсолютна похибка	кг/м ³		
11	Відносна похибка	%		

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин.

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.

2. Схема, опис експериментальної установки методики вимірювання щільності рідини.

3. Розрахунок щільності рідини в кг/дм³, кг/м³, г/см³.

4. Розрахунок абсолютної і відносної похибки.

5. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

Мета роботи: освоєння методики визначення вологості повітря. Набуття практичних навичок її застосування. Визначення відносної вологості повітря у приміщенні, розрахунок значення абсолютної вологості. Аналіз отриманих результатів.

Загальні відомості

Вологість повітря – це величина, що характеризує вміст водяної пари в атмосфері.

Вологість повітря в земній атмосфері коливається в широких межах. Наприклад, у земної поверхні вміст водяної пари в повітрі становить у середньому від 0,2 % за обсягом у високих широтах до 2,5 % у тропіках.

Водяна пара, як будь-який газ, має *пружність* (тиск). Пружність водяної пари (e) завжди менша ніж пружність її насичення (E). Чим більша різниця між E та e , тим сухіше повітря та інтенсивніше випаровування.

Абсолютна вологість (a) – маса водяної пари, яка знаходиться в одиниці об'єму повітря, кг/м³:

Відносна вологість (r), % – відношення маси водяної пари в повітрі до маси водяної пари, необхідної для досягнення повітрям стану насичення за умов заданої температури:

$$r = \frac{a}{a_n} \cdot 100,$$

де a_n – абсолютна вологість, необхідної для досягнення повітрям стану насичення за умов заданої температури.

Максимальна абсолютна вологість повітря залежить від температури. Чим вища температура повітря, тим більше водяної пари воно може вміщати.

Значення максимальної абсолютної вологості повітря в залежності від його температури наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Значення максимальної абсолютної вологості повітря

Температура повітря, °С	Максимальна вологість, г/м ³	Температура повітря, °С	Максимальна вологість, г/м ³	Температура повітря, °С	Максимальна вологість, г/м ³
10	9,209	17	14,530	25	23,756
11	9,844	18	15,477	27	26,739
12	10,518	19	16,477	30	31,842
13	11,231	20	17,735	32	35,663
14	11,987	21	18,650	35	42,175
15	12,788	22	19,827	37	47,067
16	13,634	24	22,377	40	55,324

Відносна вологість повітря – важливий екологічний показник середовища.

При занадто низькою або занадто високої вологості спостерігається швидка стомлюваність людини, погіршення сприйняття і пам'яті. Висихають слизові оболонки людини, рухомі поверхні тріскаються, утворюючи мікротріщини, куди безпосередньо проникають віруси, бактерії, мікроби.

Низька відносна вологість (до 5–7 %) в приміщеннях квартири, офісу відзначена в регіонах з тривалим стоянням низьких негативних температур зовнішнього повітря. Зазвичай тривалість до 1-2 тижнів при температурах нижче – 20 °С призводить до висушування приміщень. Значним погіршуючим фактором у підтримці відносної вологості є повітрообмін при низьких негативних температурах. Чим більше повітрообмін в приміщеннях, тим швидше в цих приміщеннях створюється низька (5–7 %) відносна вологість.

Харчові продукти, будівельні матеріали і навіть багато електронні компоненти допускається зберігати в строго певному діапазоні відносної вологості повітря. Багато технологічних процесів відбуваються тільки при строгому контролі вмісту парів води в повітрі виробничого приміщення.

Норми відносної вологості в зоні житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень (встановлені БНіП 2.04.05-86) наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Норми відносної вологості в житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщеннях

Період року	Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Допустима
Теплий	30–60	65
Холодний і перехідний	30–45	65

Опис приладів, устаткування

Гігрометр психрометричний ВІТ показано на рисунку 1.

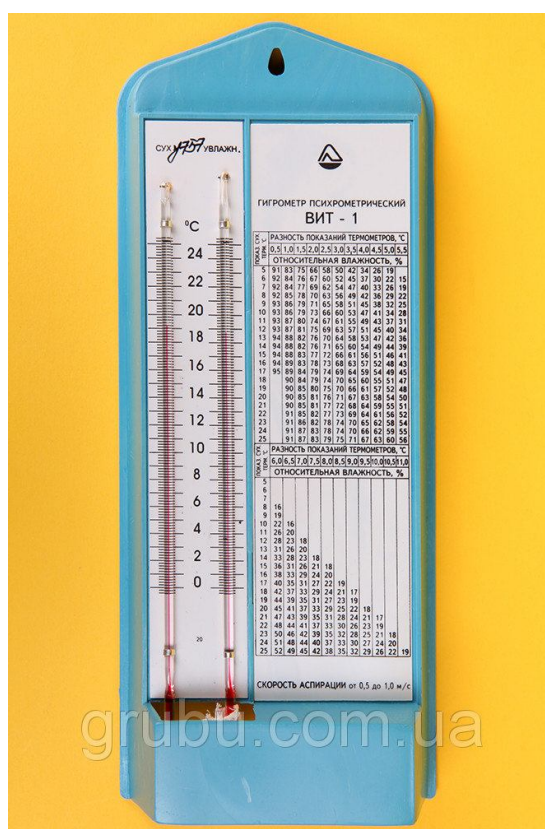


Рисунок 1 – Гігрометр психрометричний ВІТ

Це спеціальний прилад, призначений для вимірювання температури і вологості повітря. Гігрометр влаштований з двох термометрів: «сухого» і «мокрого», термодатчики яких є абсолютно незалежними один від одного. Перший термометр визначає температуру, в той час як вологість вираховується, як різниця між показаннями «мокрого» і «сухого» термометрів.

Принцип дії психрометра заснований на тому, що при випаровуванні вода охолоджується. Це відбувається сильніше, якщо вміст вологи в повітрі, який

контактує з водою менше. Беручи показник різниці температури сухого і мокрого термометра, визначають вологість повітря.

У комплект психрометра зазвичай включається психрометрична таблиця (табл. 3), яка дозволяє, знаючи температуру кожного з термометрів, знайти відносну вологість повітря.

Таблиця 5 – Психрометрична таблиця

Покази сухого термометра, °С	Різниця показів сухого та мокрого термометрів, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Відносна вологість, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

Порядок виконання роботи

1. Перевірити наявність води для змочування тканини, що контактує з датчиком «мокрого» термометра, в колбі гігрометра психрометричного. При необхідності залити дистильовану воду.
2. Зняти показання «мокрого» і «сухого» термометрів.
3. За допомогою психрометричної таблиці визначити відносну вологість повітря.
4. За таблицею 1, знаючи температуру повітря, визначити максимальне значення абсолютної вологості.
5. Розрахувати значення абсолютної вологості.

6. Оцінити, застосувавши таблицю 2, відповідність отриманого значення вологості повітря в приміщенні вимогам санітарних норм.

7. У разі потреби, запропонувати заходи щодо досягнення вимог нормативів.

Обробка і представлення результатів

1. Результати вимірювань і розрахунків заносять в таблиці 6, туди ж записують довідкові дані.

Таблиця 6 – Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Результат виміру (розрахунку)
1	Температура повітря («сухого» термометра)	°С	
2	Температура «мокрого» термометра	°С	
3	Відносна вологість повітря	%	
4	Максимальне значення абсолютної вологості	г/м ³	
5	Абсолютна вологість повітря	г/м ³	
6	Рекомендоване оптимальне значення відносної вологості повітря	%	

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин:

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.

2. Терміни, визначення, одиниці виміру вологості повітря.

3. Принципова схема гігрометра психрометричного ВІТ і опис його принципу дії.

4. Розрахунок абсолютної вологості повітря.

5. Оцінка відповідності отриманого значення вологості повітря вимогам чинних норм.

6. У разі необхідності, заходи із забезпечення виконання вимог чинних норм.

7. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Лабораторна робота № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ ГАЗІВ І РІДИН

Мета роботи: освоєння методики виміру тиску димових газів, що рухаються у димовій трубі чи у вентиляційному каналі. Набуття практичних навичок її застосування.

Загальні відомості

Тиск (P) – фізична величина, що чисельно дорівнює силі, що діє на одиницю площі поверхні перпендикулярно до цієї поверхні.

В одиницях СІ тиск вимірюється в паскалях (Па), кілопаскалях (кПа), мегапаскалях (МПа). У технічній літературі зустрічається інші одиниці вимірювання тиску:

- технічна атмосфера;
- міліметр водяного стовпа;
- міліметр ртутного стовпа.

При практичних розрахунках $1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ м вод. ст.} = 735 \text{ мм рт. ст.} = 98\,070 \text{ Н/м}^2 = 98\,070 \text{ Па}$.

Величину $h = \frac{P}{\rho g}$ називають **напором тиску**, або **п'єзометричним напором** і в системі СІ вона виражається в метрах.

Вона показує висоту піднімання рідини у відкритій трубці, яка називається **п'єзометром**.

Для нестискуваної рідини, що знаходиться в рівновазі під дією сил тяжіння, **повний (абсолютний) гідростатичний тиск** у точці:

$$P = P_0 + \rho g h = P_0 + \gamma h,$$

де P_0 – тиск на вільній поверхні рідини;

γh – вага (сила тяжіння) стовпчика рідини висотою h з площею поперечного перерізу, рівною одиниці;

h – глибина занурення точки;

γ – питома вага рідини.

Величина перевищення тиску над атмосферним (P_a) називається **манометричним, або надмірним (надлишковим) тиском**:

$$P_m = P - P_a = P_o + \gamma h - P_a .$$

Якщо тиск на вільній поверхні рівний атмосферному, то надмірний тиск:

$$p_m = \rho \cdot g \cdot h = \gamma \cdot h .$$

Недостатня до атмосферного тиску величина називається **вакуумом**:

$$P_{\text{вак}} = P_a - P .$$

Вимірювання тиску газів і рідин виконується за допомогою манометрів.

U – подібні манометри мають дві з'єднаних між собою у нижній частині скляні трубки, що утворюють сполучені посудини, наполовину заповнені робочою рідиною (густина робочої рідини має бути більшою за густину рідини, у якій здійснюється вимірювання тиску). Як робочу рідину можна використовувати воду, спирт, ртуть, бромформ тощо. Манометр обладнано шкалою, на якій фіксується різниця стовпчиків робочої рідини, пропорційна вимірюваному тиску. На рисунку 2 одне коліно приладу з'єднується з повітряним об'ємом над вільною поверхнею рідини в посудині, а друге – з атмосферою.

На підставі основного рівняння гідростатики і виходячи з умови балансу тисків, що забезпечує рівновагу рідини в системі

$$P_o + \rho_a g h = P_a + \rho_p g h ,$$

де P_a – абсолютний тиск повітря у місці підключення манометра;

ρ_a – щільність повітря;

ρ_p – щільність рідини.

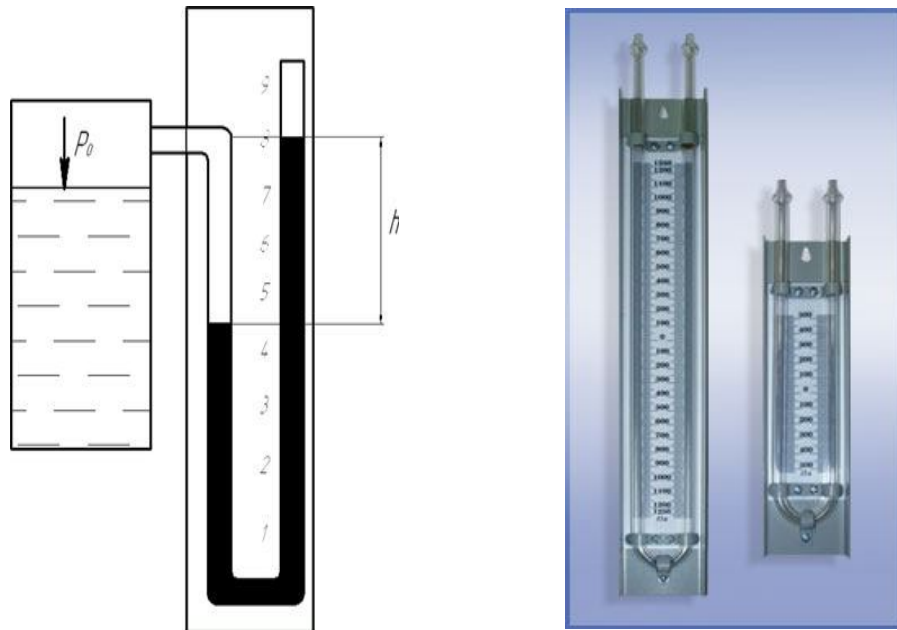


Рисунок 2 – U-подібний манометр

Надлишковий тиск у місці підключення манометра

$$p_m = (\rho_p - \rho_a) \cdot g \cdot h.$$

Враховуючи, що $\rho_p \gg \rho_a$, та нехтуючи ρ_a отримуємо:

$$P_m = \rho_p g h.$$

В **мікроманометрах** (мікровакуумметрах) вертикальну трубку змінено на похилу з можливістю установки різних кутів нахилу α (рис. 3). При цьому малі величини висоти вертикального стовпчика h рідини, що відповідають малим вимірювальним тискам, виражаються через значно більші довжини l рідкого стовпчика в трубці.

Надлишковий тиск на поверхні рідини у чашці дорівнює:

$$p_m = \rho \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha).$$

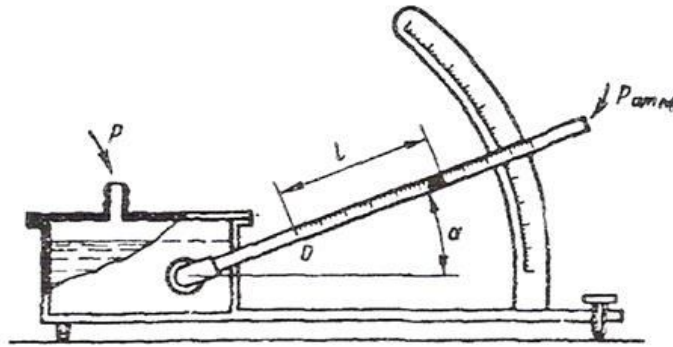


Рисунок 3 – Мікроманометр

Опис приладів, устаткування

1. Ділянка вентиляційного газоходу, яка обладнана патрубком для підключення з'єднувального шланга (імпульсної лінії).
2. U-подібний манометр.
3. Мікроманометр ММН (мікровакуумметр).
4. З'єднувальні шланги.

Порядок виконання роботи

1. Встановити мікроманометр на горизонтальній поверхні. Перевірити горизонтальне розташування приладу, при необхідності відрегулювати, використовуючи вмонтовані водяні рівні.
2. Перевірити установку «нуля» приладу, при необхідності провести регулювання.
3. Використовуючи з'єднувальні шланги підключити мікроманометр до вентиляційного газоходу.
4. Перевірити герметичність імпульсних ліній, при необхідності усунути витоки.
5. Встановити необхідний кут нахилу каліброваної трубки.
6. Переключити триходовий кран мікроманометра в положення вимірів.
7. Зафіксувати показання мікроманометра.
8. Вимкнути триходовий кран мікроманометра відключити його від

імпульсних ліній.

9. Підключити U-подібний манометр.

10. Зафіксувати показання U-подібного манометра.

11. Зіставити значення, отримані U-подібним манометром і мікроманометром, визначити абсолютну та відносну похибку.

12 Перерахувати отримані результати в ат; м вод. ст.; мм рт. ст.; Н/м²; Па.

Обробка і представлення результатів

Результати вимірювань і розрахунків заносять в таблицю 7, туди ж записують довідкові дані.

Таблиця 7 – Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Результат виміру (розрахунку)
1	Тиск газу, визначений за допомогою мікроманометра	мм в ст. ат м вод. ст. мм рт. ст. Н/м ² Па	
2	Тиск газу, визначений за допомогою U-подібного манометра	мм в ст. ат м вод. ст. мм рт. ст. Н/м ² Па	
3	Абсолютна похибка	мм в ст.	
4	Відносна похибка	%	

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин.

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.

2. Схема, опис експериментальної установки та приладів вимірювання тиску.

3. Результат визначення тиску газу, за допомогою мікроманометра та перерахунок його в ат; м вод. ст.; мм рт. ст.; Н/м²; Па.

4. Результат визначення тиску газу, за допомогою U-подібного манометра та перерахунок його в ат; м вод. ст.; мм рт. ст.; Н/м²; Па.

5. Розрахунок абсолютної похибки.

6. Розрахунок відносної похибки.

7. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Лабораторна робота №4

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ГАЗУ В ВЕНТИЛЯЦІЙНОМУ КАНАЛІ

Мета роботи: освоєння методики визначення швидкості руху повітря, а також димових газів, що відрізняються високою температурою, запиленістю і корозійною активністю. Набуття практичних навичок її застосування.

Загальні відомості

Повний тиск газу, що рухається у вентиляційному каналі, визначається як сума: статичного і динамічного тисків.

Статичний тиск $P_{ст}$ є різниця тисків газу в каналі і навколишнього повітря. Величина статичного тиску визначається за допомогою U-подібного манометра

Динамічний тиск $P_{дин}$ визначається також за допомогою U-подібного манометра. Для цього один кінець манометра встановлюють перпендикулярно, а інший - назустріч напрямку руху потоку.

Динамічне тиск спостерігається тільки при русі газу і залежить від його швидкості та щільності.

Швидкість газу може бути виміряна пневмометричною трубкою, (трубкою Піто – Прандтля) яка визначає динамічний напір потоку газу, що рухається, її показано на рисунку 4.



Рисунок 4 – Трубка Піто – Прандтля

Якщо встановити назустріч потоку прилад Піто – Прандтля, то в трубці, зігнутої на 90° тиск підніметься до рівня швидкісному напору. Пояснюється це

тим, що швидкість, яка потрапляє в отвір трубки, зменшується до нуля, а тиск, отже, збільшується на величину швидкісного напору. У трубці, перпендикулярній напрямку руху газу тиск буде дорівнювати статичному тиску. Вимірявши різницю тиску в трубках приладу Піто легко розрахувати швидкість рідини в даній точці.

Для вимірювання напору використовують мікроманометр. Його принцип дії та зовнішній вигляд показано на рисунку 5.

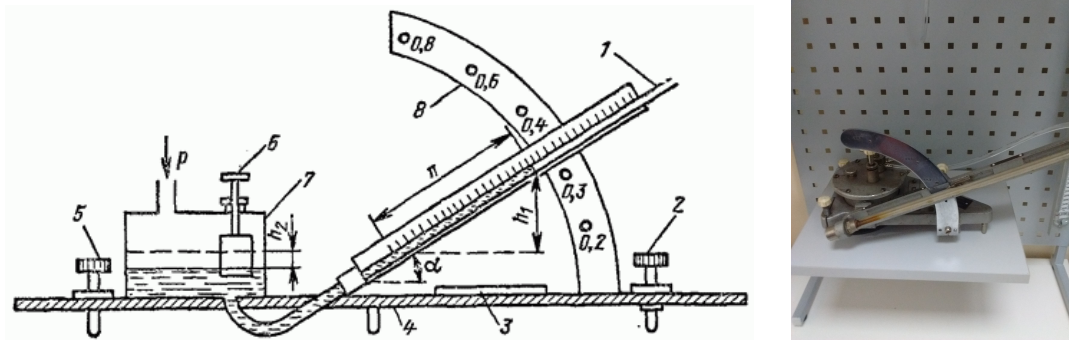


Рисунок 5 – Принцип дії та зовнішній вигляд мікроманометра

Мікроманометр – це спеціальний рідинний манометр, який використовується для максимально точного вимірювання тиску в газах і рідинах. Мікроманометри мають калібровану похилу трубку (1) з малим поперечним перерізом. Вона приєднана до резервуара (7), який має місткість більшу, ніж обсяг самої трубки. Співвідношення місткості трубки і судини підбирають таким чином, щоб будь-які зміни рівня рідин в трубці не впливали на рівень рідини, що знаходиться в посудині.

Резервуар (7) має пристрій (6) для встановлення нуля шляхом регулювання рівня рідини.

Вимірюючи перепад рівня рідини визначають перепад тиску. Щоб збільшити точність вимірів необхідно збільшити нахил трубки (8), відносно горизонтальної площини (4).

Горизонталь виставляється за допомогою регулювальних гвинтів (2), (5) та контролюється вбудованим в горизонтальну площину (4) водяними рівнями (3).

Мікроманометри є переносними приладами, їх застосовують в лабораторній практиці і в промислових умовах при проведенні випробувань теплосилових та інших установок для вимірювання малих тисків, розрідження або різниць тисків повітря і газів.

Розрахунок швидкості потоку газу u , м/с виконують згідно з формулою:

$$u = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot k \cdot \alpha}{\rho}},$$

де h , мм – покази мікроманометра;

ρ , кг/м³ – щільність газу;

α – коефіцієнт, що враховує кут нахилу мірної трубки мікроманометра;

k – коефіцієнт, що враховує особливості конструкції пневмометричної трубки; його застосування обумовлене тим, що при вимірюванні динамічного напору в залежності від конструкції пневмометричної трубки виходять відхилення від його фактичної величини.

Цю методику рекомендується застосовувати для визначення швидкості потоку від 4 до 70 м/с для запиленних газів, що мають температури до 550 °С і для корозійно-небезпечних середовищ.

Трубку Піто–Прандтля виготовляють з нержавіючої сталі, діаметр внутрішніх каналів виконують не меншій 4 мм.

Щільність вологого газу при температурі t °С і надлишковому тиску $\pm P$, мм рт.ст. визначається за формулою:

$$\rho = \frac{0,289 \cdot (P_{\text{вк}} + f_{\text{вк}}) \cdot (B + P)}{(0,804 + f_{\text{вк}}) (273 + t)},$$

де B , мм рт. ст. – барометричний тиск;

t , °С – температура газу;

P , мм рт. ст – тиск газу.

Опис приладів, устаткування

Прилади й устаткування, потрібні для виконання роботи:

- ділянка вентиляційного газоходу;
- мікроманометр ММН;
- трубка Піто–Прандтля конструкції НДІОГАЗ;
- з'єднувальні шланги;
- термометр ртутний лабораторний ТЛС-2 №2;
- манометр U-подібний;
- гігрометр психрометричний ВІТ-1.

Порядок виконання роботи

1. Встановити мікроманометр на горизонтальній поверхні. Перевірити горизонтальне розташування приладу, при необхідності відрегулювати, використовуючи вмонтовані водяні рівні.
2. Перевірити установку «нуля» приладу, при необхідності провести регулювання.
3. Використовуючи з'єднувальні шланги підключити трубку Піто–Прандтля.
4. Перевірити герметичність імпульсних ліній, при необхідності усунути виток.
5. Встановити трубку Піто–Прандтля в газохід, зафіксувати її положення.
6. Встановити необхідний кут нахилу каліброваної трубки.
7. Переключити триходовий кран мікроманометра в положення вимірів.
8. Зафіксувати показання мікроманометра.
9. Визначити, використовуючи лабораторний термометр, температуру газу.
10. Визначити, використовуючи U-подібний манометр, тиск газу.
11. Визначити, використовуючи психрометр, вологість газу.
12. Розрахувати щільність газу.
13. Розрахувати швидкість газу.

Обробка і представлення результатів

1. Результати вимірювань і розрахунків заносять у таблицю 8, туди ж записують довідкові дані.

Таблиця 8 – Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Результат виміру (розрахунку)
1	Температура газу	°С	
2	Тиск газу	мм в ст.	
3	Вологість газу	г/м ³	
4	Барометричний тиск	Па	
5	Щільність газу	кг/м ³	
6	Показання мікроманометра	мм	
7	Коефіцієнт куту нахилу трубки	–	
8	Коефіцієнт трубки Піто – Прандтля	–	
9	Швидкість газу	м/с	

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин:

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.
2. Схема, опис експериментальної установки методики вимірювання швидкості.
3. Схема, опис пристрою і принципу дії трубки Піто – Прандтля.
4. Розрахунок щільності газу.
5. Розрахунок швидкості газу.
6. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Лабораторна робота № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ І ВИТРАТИ ГАЗУ У ВЕНТИЛЯЦІЙНОМУ КАНАЛІ

Мета роботи: освоєння методики визначення витрати димових газів, що рухаються у димовій трубі чи у вентиляційному каналі. Набуття практичних навичок її застосування.

Загальні відомості

Вимірявши швидкість потоку газу і площу перерізу газоходу визначають об'ємну витрату газу Q , м³/с:

$$Q = u \cdot F,$$

де u , м/с – швидкість потоку газу,

F , м² – площа перерізу газоходу.

На практиці швидкість потоку газу не однакова по всьому перетину газоходу. Причиною відмінності швидкостей служить тертя газу об стінки труби, наявність місцевих опорів, зміна параметрів потоку перед точкою виміру швидкості або після точки виміру швидкості.

Для коректного визначення об'ємної витрати газу перетин потоку умовно розділяють на декілька ділянок таким чином, що в межах кожної з них швидкість газу не змінюється.

У центрі кожної з ділянок вимірюють середню швидкість потоку.

Обчислюють площу кожної з умовних ділянок.

Приклад розбивки перерізу газоходу на окремі ділянки представлений на рисунку 6.

Площа круглої ділянки, розташованої у центрі потоку:

$$F_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}.$$

Площа кільця, в якому розташовані точки 2 і 4:

$$F_{2-4} = \frac{\pi \cdot d_{2-4}^2}{4} - F_3.$$

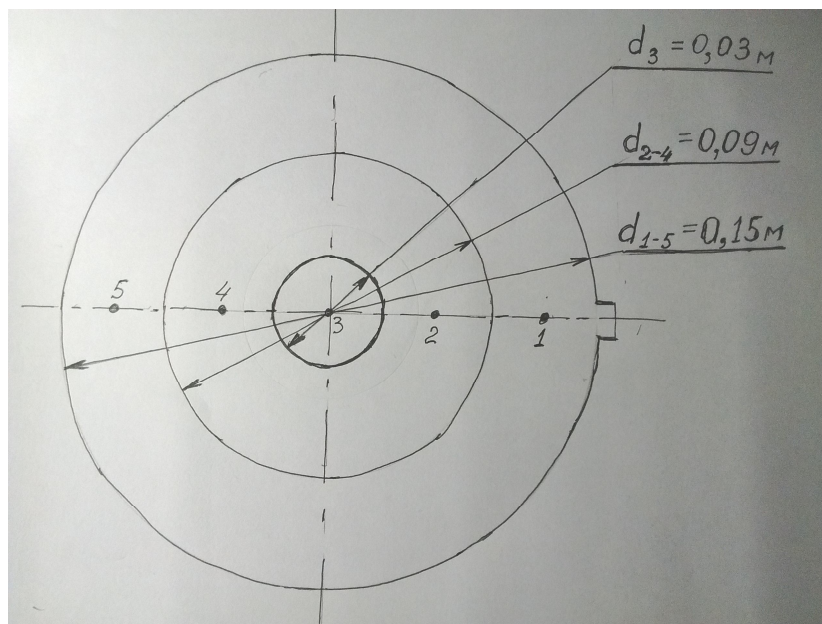


Рисунок 6 – Приклад розбивки перерізу газоходу на окремі ділянки

Площа кільця, в якому розташовані точки 1 і 5:

$$F_{1-5} = \frac{\pi \cdot d_{1-5}^2}{4} - F_{2-4}.$$

Для визначення швидкості газу в кожній із зазначених точок застосовують трубку Піто – Прандтля і мікроманометр так само, як це було виконано в лабораторній роботі № 4.

Обчислюють витрата газу по кожній з ділянок і сумарну витрату газу по всьому газоходу Q , м³/с:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = u_3 \cdot F_3 + u_{2-4} \cdot F_{2-4} + u_{1-5} \cdot F_{1-5}.$$

Опис приладів, устаткування

Прилади й устаткування, потрібні для виконання роботи:

- ділянка вентиляційного газоходу;
- мікроманометр ММН;
- трубка Піто-Прандтля конструкції НДІОГАЗ;
- з'єднувальні шланги;
- термометр ртутний лабораторний ТЛС-2 №2;
- U-подібний манометр;
- гігрометр психрометричний ВІТ-1.

Порядок виконання роботи

1. Встановити мікроманометр на горизонтальній поверхні. Перевірити горизонтальне розташування приладу, при необхідності відрегулювати, використовуючи вмонтовані водяні рівні.
2. Перевірити установку «нуля» приладу, при необхідності провести регулювання.
3. Використовуючи з'єднувальні шланги підключити трубку Піто–Прандтля.
4. Перевірити герметичність імпульсних ліній, при необхідності усунути витіки.
5. Встановити трубку Піто–Прандтля в газохід, зафіксувати її положення в контрольній точці № 1.
6. Встановити необхідний кут нахилу каліброваної трубки.
7. Переключити триходовий кран мікроманометра в положення вимірів.
8. Зафіксувати показання мікроманометра.
9. Визначити, використовуючи лабораторний термометр, температуру газу.
10. Визначити, використовуючи U-подібний манометр, тиск газу.
11. Визначити, використовуючи психрометр, вологість газу.
12. Розрахувати щільність газу.

13. Розрахувати швидкість газу u_1 , м / с.

14. Виконати аналогічні вимірювання та розрахунки швидкості газу для контрольних точок 2; 3; 4 та 5. u_2, u_3, u_4, u_5 , м / с.

15. Розрахувати площу ділянок F_3, F_{2-4}, F_{1-5} , м².

16. Розрахувати сумарну витрату газу по всьому газоходу Q , м³/с.

Обробка і представлення результатів

1. Результати вимірювань і розрахунків заносять в табл. 9, туди ж записують довідкові дані.

Таблиця 9 – Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Найменування параметра	Одиниця виміру	Результат виміру (розрахунку)					
1	Температура газу	°С						
2	Тиск газу	мм в ст.						
3	Вологість газу	г/м ³						
4	Барометричний тиск	Па						
5	Щільність газу	кг/м ³						
6	Показання мікроманометра	мм	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
7	Коефіцієнт куту нахилу трубки	–						
8	Коефіцієнт трубки Піто–Прандтля	–						
9	Швидкість газу	м/с	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
10	Площа кожної із ділянок	м ²	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
11	Сумарна витрата газу	м ³ /с						

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин:

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.

2. Схема розподілу перетину круга на ділянки.

3. Розрахунок щільність газу.

4. Розрахунок швидкості газу по кожній із ділянок.

5. Розрахунок площі кожній із ділянок.
6. Розрахунок витрати газу по кожній із ділянок.
7. Розрахунок загальної витрати газу.
8. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Лабораторна робота № 6

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ МІСЦЕВИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОРІВ ПІД ЧАС РУХУ ГАЗУ У ВЕНТИЛЯЦІЙНОМУ КАНАЛІ

Мета роботи: Освоєння методики визначення місцевих гідравлічних опорів при русі газу у вентиляційному каналі. Набуття практичних навичок її застосування.

Загальні відомості

Рівняння Бернуллі для руху реальної рідини при сталому, плавно змінному за рухом потоку, можна застосувати для руху реального газу у вентиляційному каналі за умов незначної зміни тиску, коли щільність можна вважати незмінною.

Для двох перерізів трубки Рівняння Бернуллі виглядає так:

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} = P_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} + \Delta P, \quad (1)$$

де V_1 і V_2 , м / с – середні швидкості течії в перерізах потоку;

P_1, P_2 , Па – статичний тиск газу в перерізах потоку;

ρ , кг/м³ – щільність газу;

z_1, z_2 , м – висота над поверхнею землі центру потоку газу в перерізах 1 і 2;

ΔP , Па – втрати тиску (гідравлічний опір) на ділянці між перерізами 1 і 2.

Середню швидкість потоку V , м/с, можна розрахувати, коли відома витрата газу і площа перерізу газоходу:

$$V = \frac{Q}{F}, \quad (2)$$

де Q , м³/с – витрата газу;

F , м² – площа перерізу газоходу.

Гідравлічним опором називають втрати механічної енергії рухомої

реальної (в'язкої) рідини на роботу сил тертя, яка переходить в тепло. Величина гідравлічного опору залежить від режиму руху рідини – ламінарного або турбулентного.

Втрати повного тиску в потоці рідини на ділянці між двома живими перерізами складаються із втрат за довжиною і суми місцевих втрат:

$$P_{1-2} = P_L + \sum P_M,$$

де P_L , Па – втрати тиску за довжиною потоку;

$\sum P_M$, Па – сума місцевих втрат тиску.

Місцеві втрати тиску це втрати механічної енергії потоку за рахунок локальних (місцевих) збуджень його рівномірності або плавної зміни. Такі місцеві збудження виникають при:

- вході потоку з резервуару в трубу при гострих вхідних кромках;
- вході в трубу з сіткою;
- при різкому розширенні трубопроводу;
- при різкому звуженні трубопроводу;
- при різкому повороті трубопроводу (гостре коліно);
- при вході потоку з труби в резервуар.

Місцеві втрати тиску визначають за формулою Вейсбаха:

$$P_M = \rho \cdot \frac{\xi_M \cdot V^2}{2}, \quad (3)$$

де ξ_M – коефіцієнт місцевого опору;

V , м/с – середня швидкість потоку в перетині за місцем місцевого опору.

Підставимо формулу (3) у формулу (1) й отримаємо:

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} = P_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} + \frac{\xi \cdot \rho \cdot V^2}{2}.$$

Для випадку, коли $z_1 = z_2$ і $P_1 = P_2$:

$$P_1 - P_2 = \frac{\xi \cdot \rho \cdot V^2}{2}.$$

Звідси отримуємо формулу для визначення коефіцієнту місцевого опору:

$$\xi = \frac{2 \cdot (P_1 - P_2)}{\rho \cdot V^2}. \quad (4)$$

Опис приладів, устаткування:

- ділянка вентиляційного газоходу, яка має місцевий гідравлічний опір;
- мікроманометр ММН;
- трубка Піто–Прандтля конструкції НДІОГАЗ;
- з'єднувальні шланги;
- термометр ртутний лабораторний ТЛС-2 №2;
- манометр U-подібний;
- гігрометр психрометричний ВІТ-1.

Порядок виконання роботи

1. Визначити щільність ρ , кг/м³ та витрату газу в газоході Q , м³/с, користуючись вмінями та досвідом, отриманими під час виконання лабораторної роботи № 5.
2. Розрахувати середню швидкість газу V , м/с, користуючись формулою (2).
3. Визначити, використовуючи U-подібний манометр, тиск газу до і після місцевого опору.
4. Розрахувати коефіцієнт місцевого опору, користуючись формулою (4).

Обробка і представлення результатів

1. Результати вимірювань і розрахунків заносять в таблицю 10, туди ж записують довідкові дані.

Таблиця 10 – Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Найменування параметра	Одиниця виміру	Результат виміру (розрахунку)					
1	Температура газу	°С						
2	Тиск газу	мм в ст.						
3	Вологість газу	г/м ³						
4	Барометричний тиск	Па						
5	Щільність газу	кг/м ³						
6	Показання мікроманометра	мм	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr></table>					
7	Коефіцієнт куту нахилу трубки	–						
8	Коефіцієнт трубки Піто–Прандтля	-						
9	Швидкість газу	м/с	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr></table>					
10	Площа кожної із ділянок	м ²	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr></table>					
11	Сумарна витрата газу	м ³ /с						
12	Середня швидкість газу	м/с						
13	Тиск газу перед місцевим опором	мм в ст.						
14	Тиск газу після місцевого опору	мм в ст.						
15	Коефіцієнт місцевого опору	–						

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин.

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.
2. Схема експериментальної установки, опис методики визначення коефіцієнту місцевого опору.
3. Розрахунок середньої швидкості газу.
4. Розрахунок коефіцієнту місцевого опору.
5. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Лабораторна робота № 7

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОБ'ЄМНОЇ ПОРУВАТОСТІ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Мета роботи: Визначення експериментальним шляхом коефіцієнта об'ємної пористості шару фільтрувального матеріалу із сферичних гранул. Зіставлення отриманих результатів зі значеннями, отриманими з довідкових джерел.

Загальні відомості

Коефіцієнт об'ємної пористості представляє собою відношення об'єму пір (вільного простору між частками фільтрувального матеріалу) до всього об'єму фільтру (фільтрувальної камери).

$$p_Q = \frac{q_p}{q}$$

Довідкові значення коефіцієнту об'ємної пористості різних фільтрувальних матеріалів наведено в таблиці 11.

Таблиця 11 – Коефіцієнти поруватості

Тип ґрунту / Soil Type	Поруватість / Porosity, p_Q
Гравій	0,25–0,40
Гранітний щебінь	0,512
Щебінь з кварцитопісковуку	0,533

Опис приладів, устаткування

1. Ємність, що імітує функцію фільтрувальної камери зернистого фільтра, ділянки фільтрації ґрунтових вод або будь-якого іншого матеріалу, що фільтрує.
2. Матеріал, що фільтрує (щебінь, гравій, галька, керамзит).
3. Колба мірна для води.

Порядок виконання роботи

У ємність, яка імітує функцію фільтрувальної камери зернистого фільтра, ділянки фільтрації ґрунтових вод або будь-якого іншого матеріалу, що фільтрує, завантажуються фільтруючий матеріал (щєбінь, гравій, галька, керамзит).

Фільтрувальна камера повільно заповнюється водою таким чином, що б вода витіснила всі видимі бульбашки повітря, що знаходяться між частинками фільтруючого матеріалу, і її рівень зрівнявся з верхнім рівнем засипки.

Вимірюються внутрішні розміри фільтрувальної камери, висота шару засипки і обчислюється її обсяг.

Якщо камера має форму циліндра, її обсяг складе:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h,$$

де d – внутрішній діаметр ємності, що імітує функцію фільтрувальної камери;

h – висота шару засипки.

Вода зливається в мірну колбу і визначається її обсяг, який відповідає обсягу пір засипки фільтру.

За формулою розраховується коефіцієнт об'ємної пористості.

Досліди повторюють 2 рази.

Визначають середнє значення об'ємної пористості.

Обробка і представлення результатів

Результати досліджень заносяться в таблиці 12.

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин.

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.
2. Схема, опис методики вимірювання коефіцієнту об'ємної пористості.
3. Розрахунок об'єму фільтру (фільтрувальної камери).
4. Розрахунок коефіцієнту об'ємної пористості.
5. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Таблиця 12 – Результати досліджень

№ з/п	Діаметр фільтрувальної камери	Висота шару засипки	Обсяг фільтрувальної камери	Обсяг пір засипки фільтру	Отримані значення коефіцієнта об'ємної поруватості	Довідкові значення коефіцієнта об'ємної поруватості
1						
2						
Середні значення						

Лабораторна робота № 8

ВІДБІР ПРОБ ПОВІТРЯ ЕЛЕКТРОАСПІРАТОРОМ

Мета роботи: освоєння методики відбору проб повітря, а також димових газів за допомогою електроаспіратора. Набуття практичних навичок її застосування.

Загальні відомості

Для відбору і вимірювання об'ємної швидкості проб повітря та газоподібних промислових викидів, з метою аналізу домішок що містяться в ньому використовують електроаспіратор.

Принцип дії виробу полягає у відборі повітря з заданою об'ємною швидкістю відбору через зовнішні поглинальні прилади. Швидкість відбору проби через канал контролюється витратоміром. Час відбору проби задається з допомогою вбудованого таймера.

В основі принципу аспіратора лежить пропускання заданого обсягу досліджуваного газу через фільтр, який потім піддається ретельному аналізу. За відомим значенням обсягу відібраного через фільтр газу і кількості частинок і речовин, які осіли на ньому, можна побічно судити про концентрацію даних речовин в газі.

Процес відбору газу називається **аспірацією**.

Опис приладів, устаткування

Електроаспіратор **ASA-2M** складається зі спонукача витрати, чотирьох ротаметрів, батареї акумуляторів і штатива для кріплення пробозабірною пристрою.

Кількість незалежних каналів – 2. Вимірювання об'ємної швидкості відбору через кожен з каналів забезпечують витратоміри з різними діапазонами вимірювань

Зовнішній вид електроаспіратора представлений на рисунку 7.



Рисунок 7 – Електроаспіратор ASA-2М

На передній панелі електроаспіратора розміщені:

- рознімач для підключення адаптера;
- витратоміри 1-го каналу з дроселями;
- кнопки вибору режиму роботи 1-го каналу;
- кнопки для задання часу відбору 1-го каналу «+10» та «+1»;
- дисплей таймера;
- кнопка для підсвічування дисплея;
- кнопки для задання часу відбору 2-го каналу «+10» та «+1»;
- кнопки вибору режиму роботи 2-го каналу;
- витратоміри 2-го каналу з дроселями;
- кронштейн для кріплення стійки пробозабірною пристрою;
- вимикач для вмикання/вимикання пристрою;
- світлодіод-індикатор;
- штуцери для підключення імпульсних ліній;
- перемикаючі крани 1-го та 2-го каналу.

Порядок виконання роботи

1. Підготуйте пристрій до роботи:

- встановіть пристрій на горизонтальній поверхні;
- зберіть штатив для поглинальних приладів і встановіть його в різьбовий отвір кронштейна.

Пристрій працює як від вбудованого акумулятора, так і від мережі змінного струму 220 В, 50 Гц через адаптер, під час цього вбудований акумулятор заряджається;

- перед виходом для проведення робіт необхідно перевірити стан акумулятора – у нижньому рядку дисплея має бути чотири прямокутники;

- якщо під час роботи на дисплеї залишилось два прямокутника необхідно підключити адаптер та продовжити роботу від мережі змінного струму в цей час вбудований акумулятор буде заряджатися, якщо на дисплеї залишився лише один прямокутник необхідно припинити роботу, підключити адаптер, та роботу можна буде продовжити тільки через 45 хвилин.

2. Завдайте час відбору проби:

- ввімкнути пристрій вимикачем – світиться світлодіод-індикатор;

- після того як ввімкнено пристрій на дисплеї з'являються написи: – у верхньому рядку показано задані часи відбору через кожен з каналів; в нижньому рядку показані швидкості з яким зараз працюєте: b – витратомір з високою швидкістю (наприклад 20 л/хв), m – витратомір з малою швидкістю (наприклад 1 л/хв) і індикатор стану вбудованого акумулятора (макс. заряд – 4 прямокутника);

- задати час відбору. Програмно у пристрої встановлений стандартний час відбору 20 хвилин, якщо час відбору відрізняється необхідно виконати наступні дії:

- 1) натиснути одночасно кнопки «+10» та «+1» відповідного каналу – обнулити час відбору, на дисплеї у верхньому рядку з'явиться 00;

- 2) кнопками «+10» та «+1» виставити необхідний час відбору, причому кожне натискання кнопки +10 додає 10 хвилин, а кожне натискання кнопки +1 додає 1 хвилину.

- для того, щоб ввімкнути насос відповідного каналу необхідно натиснути кнопку,

- якщо виникне потреба зупинити відбір проби необхідно натиснути кнопку,

– для продовження роботи потрібно знову натиснути зазначену кнопку.

3. Відберіть пробу у першому, другому та третьому режимі.

Відбір проб через кожен з каналів може проводитись в декількох режимах (для малих швидкостей – «m», великих – «b» або їх комбінацією).

В першому режимі відбору для вимірювання швидкості відбору через витратомір «1m» чи «2m» відбір проводиться в наступному порядку:

- 1) перемикаючий кран для відбору через 1-й канал встановити в положення «●1m» чи для відбору через 2-й канал – в положення «●2m»;
- 2) ввімкнути пристрій вимикачем;
- 3) ввімкнути насос кнопкою «1m», при відборі через 1-й канал чи кнопкою «2m», при відборі через 2-й канал; при цьому в нижньому рядку дисплея з'явиться під значенням заданого часу відбору напис «m» та «m»;
- 4) задати швидкість відбору за допомогою дроселя обраного каналу
- 5) зупинити роботу насоса кнопкою «1m» чи «2m» відповідно;
- 6) приєднати поглинальний прилад до відповідного штуцера;
- 7) ввімкнути насос кнопкою «1m» чи «2m» відповідно;
- 8) відкоригувати швидкість відбору.

В другому режимі відбору для вимірювання швидкості відбору через витратомір «1b» чи «2b» відбір проводиться в наступному порядку:

- 1) перемикаючий кран для відбору через 1-й канал встановити в положення «●1b» чи для відбору через 2-й канал – в положення «●2b»;
- 2) ввімкнути пристрій вимикачем;
- 3) ввімкнути насос кнопкою «1b», при відборі через 1-й канал чи кнопкою «2b», при відборі через 2-й канал при цьому в нижньому рядку дисплея поз.9 з'явиться під значенням заданого часу відбору напис «b» та «b»;
- 4) задати швидкість відбору за допомогою відповідного дроселя обраного каналу;
- 5) зупинити роботу насоса кнопкою «1b» чи «2b» відповідно;
- 6) приєднати поглинальний прилад до відповідного штуцера;
- 7) ввімкнути насос кнопкою «1b» чи «2b» відповідно;

8) відкоригувати швидкість відбору.

В режимі відбору для вимірювання комбінації малої та великої швидкостей відбору через витратоміри, наприклад «1m» та «2b» відбір проводиться в наступному порядку:

1) перемикаючий кран для відбору через канал 1m встановити в положення «●1m» та кран для відбору через канал «2b» – в положення «●2b»;

2) ввімкнути насос кнопкою «1m», при відборі через канал «1m» та кнопкою «2b», при відборі через канал «2b», при цьому в нижньому рядку дисплея 9 під значенням заданого часу відбору з'явиться напис «m» та «b»;

3) задати швидкість відбору за допомогою відповідного дроселя обраного каналу. В комбінованому режимі відбору можливо задати швидкості навпаки, наприклад «2b» та «1m». При цьому дії по налаштуванню виконуються аналогічно.

В пристрої передбачена функція підсвічування дисплея підчас виконання робіт в затемненому приміщенні, для чого необхідно натиснути кнопку.

Після закінчення роботи вимкнути пристрій.

Якщо в будь-якій з колб фільтрів, після закінчення відбору зібралася рідина, необхідно відгвинтити колбу за допомогою ключа (в комплекті приладдя див. фото), видалити з неї рідину, потім промити, висушити та встановити на місце.

Обробка і представлення результатів

1. Результати вимірювань і розрахунків заносять в табл. 13, туди ж записують довідкові дані:

Звіт про виконання лабораторної роботи складається з таких частин.

1. Титульна сторінка з інформацією про автора, назву роботи, дату виконання, перевіряючого.

2. Схема, опис пристрою і принципу дії електроаспіратора.

3. Розрахунки обсягів відібраних проб.

4. Таблиця результатів вимірювань і розрахунків.

Таблиця 13 – Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Найменування параметру	Одиниця виміру	Результат виміру (розрахунку)
1	Режим 1		
2	Витрата газу	дм ³ /с	
3	Час відбору проби	хв	
4	Обсяг відібраної проби	м ³	
5	Режим 2		
6	Витрата газу	дм ³ /с	
7	Час відбору проби	хв.	
8	Обсяг відібраної проби	м ³	
9	Режим 3	–	
10	Витрата газу	дм ³ /с	
11	Час відбору проби	хв	
12	Обсяг відібраної проби	м ³	

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Константинов Ю. М. Гидравлика : учебник / Ю. М. Константинов. – Київ : Вища школа, 1988. – 398 с.
- 2 Победря Б. Е. Основы механики сплошной среды / Б. Е. Победря, Д. В. Георгиевский. – М. : Физматлит, 2006. – 272 с.
- 3 Чугаев Р. Р. Гидравлика : учебник для вузов / Р. Р. Чугаев. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 672 с.
- 4 Справочник по гидравлике / [Под ред. В. А. Большакова]. – Л. : Высшая школа, 1984. – 343 с.
- 5 Коваленко Ю. Л. Конспект лекцій з дисципліни «Прикладна механіка рідин і газів» для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування (професійне спрямування «Екологія та охорона навколишнього середовища», «Екологічна безпека») / Ю. Л. Коваленко, Т. В. Дмитренко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 53 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

«ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА РІДИН І ГАЗІВ»

*(для студентів I курсу денної форми навчання
спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладачі: **КОВАЛЕНКО** Юрій Леонідович,
ДМИТРЕНКО Тетяна Володимирівна

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання

План 2019, поз. 106 М

Підп. до друку 13.05.2019. Формат 60 x 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,6.
Тираж 50 прим. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.